

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 2 8 日
Date of Application:

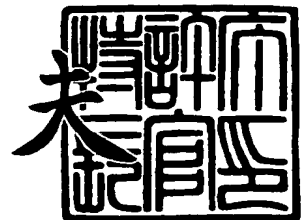
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 9 0 8 8 4
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 9 0 8 8 4]

出 願 人 豊田合成株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 1 7 日 -

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 5 7 6 1

【書類名】 特許願

【整理番号】 P03003TG

【提出日】 平成15年 3月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地 豊田合成株式会社内

 【氏名】 千田 昌伸

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地 豊田合成株式会社内

 【氏名】 伊藤 潤

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地 豊田合成株式会社内

 【氏名】 西島 和樹

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地 豊田合成株式会社内

 【氏名】 林 稔真

【特許出願人】

 【識別番号】 000241463

 【氏名又は名称】 豊田合成株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100087723

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 藤谷 修

 【電話番号】 052-232-0733

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007445

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0012134

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体結晶の製造方法及び半導体発光素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体が結晶成長する結晶成長面上に E L O マスクを形成し、半導体結晶の横方向成長作用を利用して製造される半導体発光素子において、

前記 E L O マスクは、結晶成長基板の結晶成長面上に形成されており、

前記 E L O マスクの側壁の少なくとも一部に、前記結晶成長基板の前記結晶成長面に対して斜めに傾いた傾斜面を設けることにより、前記 E L O マスクの上方においても略隙間なく前記半導体結晶が形成されている

ことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 2】

前記傾斜面の少なくとも一部は、曲面から形成されている

ことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体発光素子。

【請求項 3】

前記結晶成長面に対して垂直な断面における前記 E L O マスクの断面形状は、略半円形、略半楕円形、又はこれらの何れかの部分的形状である

ことを特徴とする請求項 2 に記載の半導体発光素子。

【請求項 4】

前記結晶成長面に対して垂直な断面における前記 E L O マスクの断面形状は、略二等辺三角形又は略平頂な略等脚台形である

ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の半導体発光素子。

【請求項 5】

前記 E L O マスクの前記結晶成長面上の形状は、点状又は略ストライプ形状である

ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子

。

【請求項 6】

前記結晶成長基板は、サファイアから成る

ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子。

【請求項 7】

前記半導体結晶は、 $Al_x Ga_{1-x} N$ ($0 \leq x \leq 1$) から成ることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子。

【請求項 8】

フリップチップ型の LED であって、
前記 ELO マスクの屈折率は、
前記結晶成長基板の屈折率よりも大きく、
前記半導体結晶の屈折率よりも小さい
ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子。

【請求項 9】

半導体が結晶成長する結晶成長面上に ELO マスクを形成し、半導体結晶の横方向成長作用を利用して製造される半導体結晶の製造工程において、

前記 ELO マスクを結晶成長基板の結晶成長面上に形成する ELO マスク工程を有し、

前記 ELO マスクの側壁の少なくとも一部に、前記結晶成長基板の前記結晶成長面に対して斜めに傾いた傾斜面を設けることにより、前記 ELO マスクの上方においても略隙間なく前記半導体結晶を形成する

ことを特徴とする半導体結晶の製造方法。

【請求項 10】

前記傾斜面の少なくとも一部は、曲面から形成されている
ことを特徴とする請求項 9 に記載の半導体結晶の製造方法。

【請求項 11】

前記結晶成長面に対して垂直な断面における前記 ELO マスクの断面形状は、略半円形、略半楕円形、又はこれらの何れかの部分的形状である
ことを特徴とする請求項 10 に記載の半導体結晶の製造方法。

【請求項 12】

前記結晶成長面に対して垂直な断面における前記 ELO マスクの断面形状は、略二等辺三角形又は略平頂な略等脚台形であることを特徴とする請求項 9 又は請求項 10 に記載の半導体結晶の製造方法。

【請求項 13】

前記 ELO マスクの前記結晶成長面上の形状は、点状又は略ストライプ形状であることを特徴とする請求項 9 乃至請求項 12 のいずれか 1 項に記載の半導体結晶の製造方法。

【請求項 14】

前記結晶成長基板は、サファイアから成ることを特徴とする請求項 9 乃至請求項 13 のいずれか 1 項に記載の半導体結晶の製造方法。

【請求項 15】

前記半導体結晶は、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) から成ることを特徴とする請求項 9 乃至請求項 14 のいずれか 1 項に記載の半導体結晶の製造方法。

【請求項 16】

前記半導体結晶を結晶成長させる時のトリメチルガリウム ($\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$) の単位時間当たりの供給量を $100 \mu\text{mol}/\text{min}$ 以上、 $800 \mu\text{mol}/\text{min}$ 以下とすることを特徴とする請求項 15 に記載の半導体結晶の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、半導体が結晶成長する結晶成長面上に、例えば非晶質材料などから成る ELO (Epitaxial Lateral Overgrowth) マスクを形成し、半導体結晶の横方向成長作用を利用して製造される半導体結晶の製造方法、並びに、その半導体結晶を利用して製造される半導体発光素子に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 0 - 2 1 7 8 9 号公報

【特許文献 2】

特開 2 0 0 0 - 3 5 7 6 6 3 号公報

【特許文献 3】

特開平 1 1 - 1 3 0 5 9 7 号公報

【特許文献 4】

特開 2 0 0 1 - 1 6 0 6 5 7 号公報

【特許文献 5】

特開 2 0 0 2 - 1 6 4 2 9 6 号公報

【特許文献 6】

特開 2 0 0 2 - 2 8 0 6 0 9 号公報

【非特許文献 1】

"Transmission Electron Microscopy Investigation of Dislocations in GaN Layer Grown by Facet-Controlled Epitaxial Lateral Overgrowth" , JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, Vol.40(2001)pp.L309-L312, Part2, No.4A, 1 April 2001

【非特許文献 2】

水谷広光、外 6 名、「F A C E L O (ファセット制御 E L O) による G a N の低転位化」, 信学技報, 社団法人電子情報通信学会, ED2000-22, CPM2000-7, SDM2000-22(2000-05), pp. 35-40

【非特許文献 3】

"High Output Power InGaN Ultraviolet Light-Emitting Diodes Fabricated on Patterned Substrates Using Metalorganic Vapor Phase Epitaxy" , JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, Vol.40(2001)pp.L583-L585, Part2, No.6B, 15 June 2001.

【非特許文献 4】

"InGaN-Based Near-Ultraviolet and Blue-Light-Emitting Diodes with High External Quantum Efficiency Using a Patterned Sapphire Substrate and a Mesh Electrode", JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, Vol.41(2002)pp.L1431-L1433, Part2, No.12B, 15 December 2002.

【0003】

ELOマスクを利用して、結晶中の転位やボイド（隙間、空洞）などが極力形成されない様に、半導体結晶を良質に成長させようとする技法としては、例えば上記の特許文献1、特許文献2、非特許文献1、或いは非特許文献2などに記載されている技法等が公知である。

【0004】

上記の特許文献1は、AlGaIn層を下地層としたELOマスクを用いた場合に、ボイドやクラックが比較的形成され難いことを開示している。

また、上記の特許文献2には、段差を備える半導体膜（＝第1の半導体膜）を形成することを大前提としたELOに関する結晶成長技法が記載されている。

また、上記の非特許文献1には、転位数を極力減らす技法として、ファセット制御ELOなどと呼ばれる結晶成長技法が紹介されており、ここでは、ボイド（隙間、空洞）や転位が形成されていく結晶成長過程などについても例示されている。

【0005】

また、上記の非特許文献2には、結晶成長基板の結晶成長面上のELOマスクによって閉じられた部分の幅（マスク自身の幅）とELOマスクによって開かれた部分の幅（窓の幅）との比や、結晶成長条件（温度、材料ガス供給量など）を調整することによって、ボイドの形成状態が制御可能であることが開示されている。しかしながら、本文献は、ボイドを意図的に形成することを大前提としており、そのボイドの所で転位の伸長を終結させることにより転位数を抑制する結晶成長技法に関するものである。

【0006】

以下、ボイドの生成に伴う不具合に付いて説明する。

図10に、従来技術によるボイドの生成形態を例示する従来のELOマスク3

及びその周辺の模式的な断面図を示す。結晶成長基板 1 の結晶成長面 1 a 上には非晶質材料から成る E L O マスク 3 が形成されている。この E L O マスク 3 を有する結晶成長面 1 a 上に例えば G a N などの半導体結晶 2 を成長させると、転位 4 やボイド 5 が形成される。

【0007】

また、上記の非特許文献 1 には、約 $3\mu\text{m}$ ～ 約 $8\mu\text{m}$ 程度のボイドの発生例が開示されているが、この様にボイドが形成される領域には、一連の一枚岩状の半導体層（例：n 型コンタクト層）を形成することができない。このため、ボイドを覆う様にして半導体結晶の結晶成長面が一連の略平面状に形成されるまで結晶成長を続けなければ、更にその上に構成すべき半導体デバイス構造（例：n 型コンタクト層以降の半導体層）を形成することはできない。

このため、ボイドを有する半導体結晶の上に半導体デバイス構造を作成する場合には、それらのボイドの高さの分だけ半導体結晶層を厚くしなければならず、よって、生産性の面で不合理となる。

【0008】

また、上記の理由で半導体結晶層を厚くしなければならない場合、結晶成長基板とその半導体結晶層との間の熱膨張係数差によって、これらの界面回りに反り等が生じ、その後のアライメント工程などで問題化する場合も少なくない。

更に、この様なボイドは、半導体結晶 2 の上に形成された任意形態の半導体発光素子が出力する光の一部を乱反射させるなどの不具合をもたらすことがあるため、外部量子効率の面などでも、この様なボイドは形成されない方が望ましい場合が少なくない。

上記の特許文献 1 や特許文献 2 などには、この様なボイドの発生を抑制することにより、より良質な半導体結晶を製造しようとする結晶成長技法が幾らか見受けられる。

【0009】

一方、E L O マスクを使用せずに、半導体結晶中の転位を減らそうとする従来技術としては、例えば上記の特許文献 5, 6 や、或いは非特許文献 3, 4 等に記載されている周知の所謂段差 E L O 等と呼ばれる結晶成長技法が一般にも広く知

られている。

これらの結晶成長技法は、半導体結晶の横方向成長を誘発するのに有効な立体的凹凸形状を結晶成長基板の結晶成長面上にパターン形成することにより、半導体結晶の横方向成長作用を良好に引き出し、これにより良質の半導体結晶を得ようとするものである。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

上記の特許文献1や特許文献2では、必ずAlGaIn層を下地層として積層しなければならなかったり、或いは、段差を備える半導体膜を形成することを大前提としたりするなどの工数面での制約が多く、これらの制約事項は、近年複雑化している半導体発光素子の半導体結晶成長工程を更に複雑にしている。即ち、これらの従来技術を用いる限り、簡潔な結晶成長工程を経て良質の半導体結晶を得ることは難しい。

【0011】

また、上記の段差ELO等と呼ばれる結晶成長技法では、結晶成長基板の結晶成長面上の凸部も勿論結晶成長基板と同一の材料から形成されるので、これらの従来技術ではこの凸部の屈折率を結晶成長基板の材料とは独立に任意に選択したり調整したりすることは不可能である。したがって、これらの従来技術では、ELOマスクを利用する場合の様に、結晶成長面上の凸部の材料選択、即ち、ELOマスクの屈折率に対する好適化や最適化等の調整によって、外部量子効率を向上させることは理論的に不可能である。

【0012】

本発明は、上記の課題を解決するために成されたものであり、その目的は、ボイドのない良質な半導体結晶を製造する際の半導体の結晶成長工程を従来よりも簡素化させたり、短期化させたりすることである。

また、本発明の更なる目的は、半導体発光素子の外部量子効率や或いは内部量子効率を従来よりも向上させることである。

ただし、上記の個々の目的は、本発明の個々の手段の内の少なくとも何れか1つによって、個々に達成されれば十分なのであって、本願の個々の発明は、上記

の全ての課題を同時に解決し得る手段が存在することを必ずしも保証するものではない。

【0013】

【課題を解決するための手段、並びに、作用及び発明の効果】

半導体発光素子の発光効率を向上させるためには、従来技術に見られる様な半導体結晶の低転位化を図るだけでなく、ELOマスクによって形成される結晶成長面付近の凹凸形状や、ELOマスクの材料選択によるELOマスクの屈折率の最適化等も重要であると考えられる。

即ち、上記の課題を解決するためには、以下の手段が有効である。

【0014】

本発明の第1の手段は、半導体が結晶成長する結晶成長面上にELOマスクを形成し、半導体結晶の横方向成長作用を利用して製造される半導体発光素子において、ELOマスクを結晶成長基板の結晶成長面上に形成し、このELOマスクの側壁の少なくとも一部に、結晶成長基板の結晶成長面に対して斜めに傾いた傾斜面を設けることにより、ELOマスクの上方においても略隙間なく半導体結晶を形成することである。

【0015】

ただし、上記の半導体結晶の材料としては、III族窒化物系化合物半導体一般が有用或いは可用である。ただし、ここで言う「III族窒化物系化合物半導体」一般には、2元、3元、又は4元の「 $Al_{1-x-y}Ga_yIn_xN$; $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq 1-x-y \leq 1$ 」成る一般式で表される任意の混晶比の半導体が含まれ、更に、p型或いはn型の不純物が添加された半導体もまた、これらの「III族窒化物系化合物半導体」の範疇である。

また、上記のIII族元素(Al, Ga, In)の内の少なくとも一部をボロン(B)やタリウム(Tl)等で置換したり、或いは、窒素(N)の少なくとも一部をリン(P)、砒素(As)、アンチモン(Sb)、ビスマス(Bi)等で置換したりした半導体等をもまた、これらの「III族窒化物系化合物半導体」の範疇とする。

【0016】

また、上記の p 型の不純物としては、例えば、マグネシウム (Mg) や、或いはカルシウム (Ca) 等を添加することができる。

また、上記の n 型の不純物としては、例えば、シリコン (Si) や、硫黄 (S)、セレン (Se)、テルル (Te)、或いはゲルマニウム (Ge) 等を添加することができる。

また、これらの不純物は、同時に 2 元素以上を添加しても良いし、同時に両型 (p 型と n 型) を添加しても良い。

【0017】

また、上記の ELO マスクとは、上記の半導体が結晶成長し得る結晶成長面上に形成される結晶成長抑制用の膜や層のことであり、これらの膜や層が形成されていない結晶成長面 (：ウィンドウ部分) 上から結晶成長する半導体の結晶成長が、その半導体結晶の横方向成長作用に基づいて、これらの膜や層の上方にまで至ることを期待して形成するものである。この様な ELO マスクの材料としては、非晶質材料が望ましいが、周知或いは任意のものを使用することができる。より具体的には例えば、 SiO_2 、 ZrO_2 、W、 HfO_2 、 Y_2O_3 などが上記のマスキング材料として可用或いは有用である。

【0018】

また、上記の ELO マスクは、必ずしも結晶成長基板の結晶成長面上に直接形成する必要はない。例えば、周知のバッファ層等の半導体結晶が予め成膜された結晶成長基板の結晶成長面上に上記の ELO マスクを積層しても良い。また、この様に ELO マスクの形成前に結晶成長基板の結晶成長面上に予め成膜しておく半導体結晶層は、複数の半導体層から成る多層構造を有していても良い。

【0019】

ただし、光取り出しの観点から言えば、結晶成長基板、バッファ層等の下地半導体結晶、ELO マスク、ELO マスク上に結晶成長させる半導体結晶などの各部の屈折率の大小関係や積層順序などを十分考慮して、発光効率等の最適化若しくは最適化を図ることが望ましいことは言うまでもない。

【0020】

図 1 及び図 2 は、本発明の作用・効果を例示的に説明する ELO マスク 3 及び

その周辺の模式的な断面図である。

図1 (a), (b) では何れも、結晶成長基板1の結晶成長面1a上には、所謂ドーム型の断面形状を有するELOマスク3が形成されている。半導体結晶2は、この様なELOマスク3がマスクングされた結晶成長基板1上に結晶成長したものであり、転位4はELOマスク3の上面略中央から半導体結晶2の結晶成長面2a（：半導体結晶2の上面）まで伸びている。

【0021】

例えばこの様にして、ELOマスク3の側壁に傾斜面を設けることにより、前述のボイドがELOマスク3の上方に形成され難くなる。この場合、左右双方から横方向成長してELOマスク3の上方で互いに接合する半導体結晶2の接合部においては転位4が形成されてしまうが、その転位4が伸び始める最初の出発点付近におけるボイドの生成を完全に抑止することも可能である。

【0022】

ボイドの生成が抑止される理由は、半導体結晶2の成長に伴って半導体結晶2の結晶成長面2aが結晶成長基板1の結晶成長面1a付近から上方に移動する間にも、半導体結晶2はELOマスク3の傾斜面付近でこの傾斜面に沿って横方向にも成長できるためである。

【0023】

図2の符号Lは、上方に露出した表面上における、ELOマスク3の傾斜面3aと結晶成長面（1a又は2a）との境界線を示している。この境界線L付近には、次の理由により、半導体結晶2の原料となるガスが供給され易い。

（理由1）ELOマスク3の側壁が上方に向って開いている。即ち、傾斜面3aが上方に露出されている。したがって、境界線L上の任意の点における、原料ガスが存在し得る空間に対する立体角が大きい。即ち、境界線L上には広い立体角から原料ガスが飛来し得る。

（理由2）ELOマスク3は非晶質であるので、傾斜面3aでは結晶成長のために原料ガスが消費（昇華）されることがない。更に、境界線Lもこの傾斜面3a上に位置するため、傾斜面3a上で消費されなかったそれらの原料ガスの余剰分は、この境界線L付近に非常に供給され易くなる。

【0024】

また、傾斜面 3 a は、適度な傾斜角を有しているので、この傾斜面 3 a の近傍においては、半導体結晶 2 は上下方向と略同様に横方向にも順調に傾斜面 3 a に沿って成長することができる。また、境界線 L 付近では半導体結晶 2 は真横に成長しなくても良いので、半導体結晶 2 は境界線 L 付近で無理なく効率的に傾斜面 3 a に沿って成長することができる。

なお、図 2 では傾斜面 3 a を平面状に表現しているが、勿論、傾斜面 3 a は曲面であっても良い。この場合にも、上記と全く同様の作用を受託することができる。

【0025】

以上の作用に基づいて、半導体結晶 2 は ELO マスク 3 の傾斜面に沿って順調に横方向にも成長することができる。このため、図 10 に示す従来技術の様に、ELO マスク 3 の露出面上や露出面付近において、横方向成長の速度が縦方向成長の速度に比べて格段に遅くなる様な事態が回避でき、よって、半導体結晶 2 を ELO マスク 3 の上方においても略隙間なく形成することができる。

【0026】

したがって、本発明によれば、ELO マスク 3 の上方におけるボイドの発生を効率よく効果的に回避することができる。このため、半導体発光素子の場合、結晶成長基板 1 の結晶成長面 1 a 付近における光の乱反射がデバイスの機能上の問題となることが少なくないが、上記の様にしてボイドの生成を抑止することによりそのような機能上の問題を解消又は軽減することができる。

【0027】

また、上記の構成に従えば、ボイドの発生が抑止されるため、少なくともボイドの高さ分の半導体結晶の製造時間や製造コストが節約できる。

また、特に、結晶成長基板 1 に電気伝導性の材料を用いて、基板の裏面にデバイスの電極を形成する場合などには、更に以下の効果が得られる。

(1) ボイドが形成されない分だけ半導体結晶を薄くでき、更に、基板と半導体結晶との接触面積も広くできるので、電気抵抗をその分低減できる。これにより、駆動電圧や駆動電力を抑制できる。

(2) ボイドが無くなれば、電流密度分布をムラなく略一様にすることが可能又は容易となる。これにより、駆動電圧を抑制したり、発熱量を抑制したり、動作を安定させたりできる。

【0028】

(3) 電流密度分布を理想的に略一様に形成することにより、発光層における発光ムラを解消或いは抑制することができる。

(4) ボイドが形成されない分だけ半導体結晶を薄くできるので、LEDの場合光の伝達損失をその光路が短くなった分低減できる。これにより、外部量子効率を向上できる。

特に、上記の(1)、(2)は、半導体発光素子以外の半導体デバイスにおいても、受託できる作用・効果である。

【0029】

また、図1に例示する略ドーム型の断面形状をELOマスク3に与え、かつ、このマスク材料を透光性とすることにより、この様なELOマスク3をレンズとして作用させることができる。この時、マスク材料の選択によりELOマスク3の屈折率を適当に設定すれば、ELOマスク3は凸レンズとして働くので、ELOマスク3に収光作用を持たせることができる。即ち、本発明の構成に従えば、結晶成長基板1に収光作用を与えることも可能である。したがって、この様な収光作用によっても、前述の光の乱反射の問題を非常に効果的に解決することが可能である。

【0030】

また、本発明の第2の手段は、上記の第1の手段において、上記の傾斜面の少なくとも一部を曲面から形成することである。

例えば、図1に示す様にELOマスク3の傾斜面の少なくとも一部を曲線で構成することにより、以下の優位性を得られることがある。

(1) 上記の凸レンズの形状を所望の形状に形成することができる。これにより、上記の収光作用を好適又は最適に調整することが可能となる。

(2) ELOマスク3の曲率を有する部位には、半導体結晶2が強く密着した状態では形成され難い。したがって、この密着性の軽減作用により、基板や半導体

中に発生し易い内部応力が低減できる。

【0 0 3 1】

また、本発明の第 3 の手段は、上記の第 2 の手段において、結晶成長面に対して垂直な断面における E L O マスクの断面形状を、略半円形、略半楕円形、又はこれらの何れかの部分的形状にすることである。

例えばこの様な形状に E L O マスクの断面形状を形成することにより、上記の凸レンズの断面形状を期待される収光機能に応じて好適、良好、或いは最適な形成できる。

【0 0 3 2】

この様な形状としては、例えば図 1 (a)、図 3 (c) などの断面形状を例示することができる。図 1 (a) の E L O マスク 3 の断面形状は、楕円を長軸上で切った半楕円形からその長軸近傍の部位を除いた形状に良く似ている。また、図 3 (c) の E L O マスク 3 の断面形状は、楕円を短軸上で切った半楕円形からその短軸近傍の部位を除いた形状に良く似ている。

【0 0 3 3】

また、第 4 の手段は、上記の第 1 又は第 2 の手段において、結晶成長面に対して垂直な断面における E L O マスクの断面形状を、略二等辺三角形又は略平頂な略等脚台形にすることである。この様な形状としては、例えば図 1 (b)、図 3 (b) などの断面形状を例示することができる。

【0 0 3 4】

ただし、図 1 (b) の E L O マスク 3 の断面形状は、等脚台形の上部の縁（二角）を面取りした略等脚台形（疑似等脚台形）と成っている。この様な面取り形状は、E L O マスク 3 に良好な収光作用を与えるのに有効である。図 3 (a) の E L O マスク 3 の断面形状も、その様な目的で面取りされている。

なお、この様な面取り部分を滑らかな曲線（曲面）で形成することにより、上記の本発明の第 2 の手段の（2）の内部応力の緩和作用をも同時に得ることができることは上述の通りである。

【0 0 3 5】

また、第 5 の手段は、上記の第 1 乃至第 4 のいずれか 1 つの手段において、E

LOマスクの結晶成長面上の形状を点状又は略ストライプ形状にすることである。ただし、上記の点状とは、略正三角形、略正六角形、略円形、略正方形等の略正多角形等の形状を言う。

これらの形状設定により、前述のファセット制御ELOをも同時に良好に実現することができるため、ボイドの無い（若しくはボイドの少ない）半導体結晶中において、更に転位数までもを極力減らすことが可能となる。したがって、この構成に従えば、極めて品質の高い良質な半導体結晶を結晶成長基板上に成長させることができ、よって、内部量子効率と外部量子効率とが共に高く機能的にも優れた半導体発光素子を従来よりも簡潔なデバイス構造や結晶成長工程などによって獲得することができる。

【0036】

転位数が削減される理由は、斜めファセット（傾斜した結晶成長面）によって、転位が伸びる方向が転換されるためであり、この作用を導く基本的な構成や原理などについては、例えば前述の非特許文献1や特許文献3などに詳しく記載されている。中でも特に、採用する結晶成長基板の各結晶成長面に係わる最適なストライプ設定方向に関する記載などの諸条件が大いに参考になる。

【0037】

また、ELOマスクの結晶成長面上の形状を点状にした場合、前述の凸レンズとしての収光作用が確保し易くなる場合が多く、特に、正六角形や正三角形は、半導体結晶の結晶構造と合致し易いのでより望ましい。また、円形や四角形は製造技術の面で形成し易いと言う、現行一般の加工技術水準の現状に照らしたメリットが有る。

【0038】

また、第6の手段は、上記の第1乃至第5の何れか1つの手段において、結晶成長基板にサファイアを用いることである。

サファイアは、格子定数、透光性、屈折率、価格などの各種の諸条件を網羅的に満たす材料であるので、工業的な利用価値が非常に高い。また、その他の可用な結晶成長基板としては、シリコン、炭化シリコン、Ga₂N、AlInGa₂N、AlN、InGa₂Nなどの結晶がある。

【0039】

また、第7の手段は、上記の第1乃至第6の何れか1つの手段において、結晶成長基板の結晶成長面上のマスクされていない部分から $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) を結晶成長させることである。

【0040】

例えば GaN などは、発光素子に限らず一般にも半導体デバイスを製造する際の最も基本的な半導体として工業的な利用価値が非常に高く、半導体発光素子の本質的なデバイス構造を順次積層する際にも n 型の GaN 層（高濃度 n^+ 層 = n 型コンタクト層）などが最初に必要となるため、例えば、結晶成長基板上に直接 GaN 層などが形成できれば非常に都合がよい。

【0041】

ただし、これらの半導体結晶 ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$) は、必ずしも結晶成長基板上に直接積層しなくとも良く、また、多層構造層としても良い。簡単、典型的或いは効果的な積層構成例としては、例えば、低温成長の AlN 層や或いは AlGaIn 層等から成るバッファ層などを結晶成長基板の結晶成長面上に薄く積層しておいてから、 GaN 層を積層するなどの構成例等が考えられる。

【0042】

また、第8の手段は、フリップチップ型の LED に対して、上記の第1乃至第7の何れか1つの手段を適用する際に、上記の ELO マスクの屈折率を結晶成長基板の屈折率よりも大きくし、かつ、半導体結晶の屈折率よりも小さくすることである。

フリップチップ型の LED では、結晶成長基板の裏側から光を取り出すので、各界面における屈折率の差値を個々にそれぞれ効果的に抑制することができる、次式(1)に従う構成が、高い外部量子効率を得る上で最も有利である。

【数1】

$$\begin{aligned} (\text{半導体結晶の屈折率}) &> (\text{ELOマスクの屈折率}) \\ &> (\text{結晶成長基板の屈折率}) \quad \dots (1) \end{aligned}$$

【0043】

例えば、結晶成長基板の材料としてサファイアを選択し、かつ、その上に窒化

ガリウム (Ga) 層) を結晶成長させる場合、Ga 層の屈折率は約 2.2 ~ 2.4 であり、サファイアの屈折率は約 1.78 であるので、選択されるべき ELO マスクの材料の屈折率 n は、約 1.78 ~ 2.2 程度に成る。

このような理想的な条件を満たすマスク材料としては、例えば HfO_2 ($n=2.1$) や ZrO_2 ($n=2.05$) や Y_2O_3 ($n=1.87$) などが、可用或いは有用である。

【0044】

更に、本発明の第 9 の手段は、半導体が結晶成長する結晶成長面上に ELO マスクを形成し、半導体結晶の横方向成長作用を利用して製造される半導体結晶の製造工程において、ELO マスクを結晶成長基板の結晶成長面上に形成する ELO マスク工程を設け、この ELO マスクの側壁の少なくとも一部に、結晶成長基板の結晶成長面に対して斜めに傾いた傾斜面を設けることにより、ELO マスクの上方においても略隙間なく半導体結晶を形成することである。

【0045】

ただし、上記の半導体結晶の材料としては、III 族窒化物系化合物半導体一般が有用或いは可用である。ただし、ここで言う「III 族窒化物系化合物半導体」一般には、2 元、3 元、又は 4 元の「 $\text{Al}_{1-x-y}\text{Ga}_y\text{In}_x\text{N}$; $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq 1-x-y \leq 1$ 」成る一般式で表される任意の混晶比の半導体が含まれ、更に、p 型或いは n 型の不純物が添加された半導体もまた、これらの「III 族窒化物系化合物半導体」の範疇である。

また、上記の III 族元素 (Al, Ga, In) の内の少なくとも一部をボロン (B) やタリウム (Tl) 等で置換したり、或いは、窒素 (N) の少なくとも一部をリン (P)、砒素 (As)、アンチモン (Sb)、ビスマス (Bi) 等で置換したりした半導体等をもまた、これらの「III 族窒化物系化合物半導体」の範疇とする。

【0046】

また、上記の p 型の不純物としては、例えば、マグネシウム (Mg) や、或いはカルシウム (Ca) 等を添加することができる。

また、上記の n 型の不純物としては、例えば、シリコン (Si) や、硫黄 (S

）、セレン（Se）、テルル（Te）、或いはゲルマニウム（Ge）等を添加することができる。

また、これらの不純物は、同時に2元素以上を添加しても良いし、同時に両型（p型とn型）を添加しても良い。

【0047】

また、上記のELOマスクとは、上記の半導体が結晶成長し得る結晶成長面上に形成される結晶成長抑制用の膜や層のことであり、これらの膜や層が形成されていない結晶成長面（：ウィンドウ部分）上から結晶成長する半導体の結晶成長が、その半導体結晶の横方向成長作用に基づいて、これらの膜や層の上方にまで至ることを期待して形成するものである。この様なELOマスクの材料としては、非晶質材料が望ましいが、周知或いは任意のものを使用することができる。より具体的には例えば、 SiO_2 、 ZrO_2 、W、 HfO_2 、 Y_2O_3 などが上記のマスク材料として可用或いは有用である。

【0048】

また、上記のELOマスクは、必ずしも結晶成長基板の結晶成長面上に直接形成する必要はない。例えば、周知のバッファ層等の半導体結晶が予め成膜された結晶成長基板の結晶成長面上に上記のELOマスクを積層しても良い。また、この様にELOマスクの形成前に結晶成長基板の結晶成長面上に予め成膜しておく半導体結晶層は、複数の半導体層から成る多層構造を有していても良い。

【0049】

ただし、光取り出しの観点から言えば、結晶成長基板、バッファ層等の下地半導体結晶、ELOマスク、ELOマスク上に結晶成長させる半導体結晶などの各部の屈折率の大小関係や積層順序などを十分考慮して、発光効率等の好適化若しくは最適化を図ることが望ましい。

【0050】

以上の様な製造方法によれば、必ずAlGaN層を下地層として積層しなければならなかったり、或いは、段差を備える半導体膜を形成することを大前提としたりするなどの前述の工数面での制約事項を解消することができ、更に、ELOマスクを覆う略平坦な一連の（一面の）結晶成長面が形成されるまでに積層すべ

き半導体結晶の膜厚をより薄くできるので、ボイドのない良質な半導体結晶を製造する際の半導体の結晶成長工程を従来よりも簡素化させたり、短期化させたりすることができる。

【0051】

この第9の手段のその他の作用・効果は、前述の第1の手段の作用・効果と基本的には略同じである。それらの中でも特に、出力光に対する収光作用やボイドでの乱反射などとは直接無関係な作用・効果に付いては、発光素子や受光素子に限らず、より一般の半導体デバイスを製造する際に使用される半導体結晶に付いても同様に有効なものである。

【0052】

例えば、結晶成長基板として電気伝導性を有する材料を採用し、かつ、その結晶成長基板の裏面に電極を設ける場合、ボイドがELOマスク上に形成されなければ、一般の任意の半導体デバイスを製造する際にも、次の利点を得ることができる。

(1) ボイドが形成されない分だけ半導体結晶を薄くでき、更に、基板と半導体結晶との接触面積も広くできる。更に、これにより、電気抵抗をその分低減できる。これにより、駆動電圧や駆動電力を抑制できる。また、基板と半導体結晶との接触面積の確保は、両者の接合強度の確保にも寄与する。

(2) ボイドに阻害されることなく、電流密度分布をムラなく理想的に形成することができる。このため、発光素子に限らず、一般の任意の半導体デバイスを製造する際にも、そのデバイスの駆動電圧や駆動電力を抑制したり、発熱量を抑制したり、動作を安定させたりできる。

【0053】

また、本発明の第10の手段は、上記の第9の手段において、傾斜面の少なくとも一部を曲面から形成することである。

【0054】

また、第11の手段は、上記の第10の手段において、結晶成長面に対して垂直な断面におけるELOマスクの断面形状を、略半円形、略半楕円形、又はこれらの何れかの部分的形状にすることである。

【0055】

また、第12の手段は、上記の第9又は第10の手段において、結晶成長面に対して垂直な断面におけるELOマスクの断面形状を、略二等辺三角形又は略平頂な略等脚台形にすることである。

【0056】

また、第13の手段は、上記の第9乃至第12の何れか1つの手段において、ELOマスクの結晶成長面上の形状を点状又は略ストライプ形状にすることである。

【0057】

また、第14の手段は、上記の第9乃至第13の何れか1つの手段において、結晶成長基板にサファイアを用いることである。

【0058】

また、第15の手段は、上記の第9乃至第14の何れか1つの手段において、結晶成長基板の結晶成長面上のマスクされていない部分から $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) を結晶成長させることである。

【0059】

以上の本発明の第10乃至第15の各手段における作用・効果は、前記の本発明の第2乃至第7の各手段における作用・効果とそれぞれ基本的には略同じである。それらの中でも特に、出力光に対する収光作用やボイドでの乱反射などとは直接無関係な作用・効果に付いては、発光素子や受光素子以外の半導体デバイスを製造する際にも有効なものである。

【0060】

また、第16の手段は、上記の第15の手段において、半導体結晶を結晶成長させる時のトリメチルガリウム ($\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$) の単位時間当たりの供給量を $100 \mu\text{mol}/\text{min}$ 以上、 $800 \mu\text{mol}/\text{min}$ 以下とすることである。ELOマスクは略平坦だった結晶成長面上に、自らによって凹凸を形成するが、この凹部（：ウィンドウ部分）を中心として半導体結晶を結晶成長させたい場合、上記の供給量が適当であり、この設定により、上記の凹部の下方より順次、ムラなく半導体結晶を結晶成長させることができる。或いは、この様な設定によ

り、上記の凹凸の凸部の上面や側面から半導体結晶の結晶成長を開始され難くすることができる。

【0061】

ただし、より望ましくは、トリメチルガリウム ($\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$) の単位時間当たりの供給量を $100 \mu\text{mol}/\text{min}$ 以上、 $600 \mu\text{mol}/\text{min}$ 以下にすると良い。この値が大き過ぎると、下部（：基板に近い方）又は横方向の結晶成長よりも、上部（：基板から遠い方）又は縦方向の結晶成長の方が優勢となり過ぎて（速くなり過ぎて）望ましくなくなる。また、この値が小さ過ぎると、結晶成長工程に時間が掛かり過ぎて非効率となり望ましくない。

以上の本発明の手段により、前記の課題を効果的、或いは合理的に解決することができる。

【0062】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。ただし、本発明は以下に示す実施例に限定されるものではない。

〔実施例〕

本実施例では、例えば半導体発光素子などにそのまま有用となる、結晶成長基板を備えた半導体結晶の製造工程を ELO マスク工程と結晶成長工程の 2 大工程に大別して例示する。

【0063】

1. ELO マスク工程

図 4～図 6 は、本実施例の ELO マスク 3 の製造工程を例示する結晶成長面 1 a 周辺の模式的な断面図である。

(a) プラズマ CVD 工程 (図 4 (a))

まず最初に、結晶成長基板 1 の材料としてサファイアを用意し、結晶成長面 1 a としては、サファイア a 面を選択する。次に、この結晶成長面 1 a (サファイア a 面) に、 SiO_2 から成る ELO マスク原型層 3'' をマイクロ波プラズマ CVD 装置を用いて約 $1.0 \mu\text{m}$ 成膜する。

【0064】

この時のプラズマCVD装置の使用条件は、次の通りである。

(CVD装置の使用条件)

圧力 : 70 Pa

基板温度 : 300℃

マイクロ波出力 : 50 W

(原料ガス流量)

SiH₄ (8%) : 25 sccm

N₂O : 150 sccm

N₂ : 500 sccm

【0065】

(b) フォトレジスト積層工程 (図4 (b))

次に、フォトレジスト層6をスピンコーターにより約1.6 μm塗布する。プリベーク処理時間は60秒、処理温度は100℃とする。

【0066】

(c) 露光、現像工程 (図5 (c))

次に、光照射強度400 mJ/cm²でフォトレジスト層6を露光する。ただし、フォトレジスト層6のELOマスクの側壁の傾斜面に相当する位置については、露光量がウィンドウ部分に近づくに連れて徐々に連続的に多くなる様に設定する。この様な設定により、フォトレジスト層6の側壁に傾斜面を設けることができる (図5 (c))。

【0067】

ELOマスクのマスクパターンは、サファイアa面上をc軸に対して垂直に伸びるストライプ状にする。ストライプ幅wと各ストライプ間の間隔D (=ウィンドウ幅) はそれぞれ約4 μmとする。

その後の現像時間は60秒、リンス時間は60秒、ポストベーク条件は120℃で120秒とする。以上の処理により、図5 (c) に図示される断面形状の構造が得られる。

【0068】

(d) ハーフウェットエッチング工程 (図5 (d))

次に、E L Oマスク原型層 3' を図 5 (d) の様に形成するために、図 5 (c) の SiO_2 から成る E L Oマスク原型層 3'' をハーフウェットエッチングする。このウェットエッチングでは、常温の B H F 溶液 ($\text{NH}_4 \text{ F} / \text{HF} / \text{H}_2 \text{ O}$) 中に E L Oマスク原型層 3'' を結晶成長基板 1 ごと 2 分間さらし、その後、5 分間純粋で洗浄する。以上の処理により、図 5 (d) に図示される断面形状の構造が得られる。

【0069】

(e) ドライエッチング工程 (図 6 (e))

次に、図 6 (e) に示す断面形状の E L Oマスク 3 を得るために、I C P エッチング装置を用いて、ドライエッチングを行う。このドライエッチング工程では、図 5 (d) のフォトリジスト層 6 と E L Oマスク原型層 3' の両方が部分的に浸食 (削除) される。この時、フォトリジスト層 6 と E L Oマスク原型層 3' の両方の材料の選択や形状の設計が重要となる。例えば、これらの被浸食層の固さやもろさ等を適当に調整すると、これらの各被浸食層の浸食速度を適当に設定することができる。

【0070】

よって、この様な調整を好適或いは最適に実施すると、図 5 (d) のフォトリジスト層 6 には傾斜面があるため、例えば図 6 (e) の様な所望の断面形状が得られる。また、フォトリジスト形状やドライエッチング条件を制御し、E L Oマスク 3 の平頂部 (凸部上面の略平坦な部分) を無くすことも可能である。

上部層の傾斜面の形状に基づいて下位層の傾斜面を所望の形に形成するこの様な傾斜面の生成作用を利用したエッチング技法としては、例えば前記の特許文献 4 (図 2) に記載されたものなどが一般にも公知である。

【0071】

(f) フォトリジスト剥離工程 (図 6 (f))

最後に、所望の断面形状 (図 6 (f)) に形成された E L Oマスク 3 の平頂部 (上面) に残ったフォトリジストを溶液を用いて剥離させ、洗浄し乾燥させる。以上の処理により、図 6 (f) に図示される所望の断面形状の E L Oマスク構造が得られる。

【0072】

ELOマスク3の各部の寸法は次式(2)の通りである。

【数2】

h (ELOマスク3の高さ) = $1.0 \mu\text{m}$,

w (ELOマスク3の幅) = $4 \mu\text{m}$,

d (ELOマスク3の平頂部の幅) = $1 \mu\text{m}$,

D (ウィンドウサイズ) = $4 \mu\text{m}$... (2)

【0073】

2. 結晶成長工程

図7、図8は、本実施例の半導体結晶2の製造工程を例示するELOマスク3周辺の模式的な断面図である。

本結晶成長工程では、有機金属化合物気相成長法(MOVPE法)に従って実施した。使用した原料ガスは、アンモニア(NH_3)ガス、キャリアガス(H_2, N_2)、トリメチルガリウム($\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$)ガス(以下「TMG」と記す)、及びトリメチルアルミニウム($\text{Al}(\text{CH}_3)_3$)ガス(以下「TMA」と記す)等である。

【0074】

まず、ELOマスク3を備えた図6(f)の結晶成長基板1を結晶成長装置の反応室に載置されたサセプタに装着し、常圧で H_2 を反応室に流しながら温度1100℃でベーキングする。

【0075】

(a) バッファ層積層工程(図7(a))

次に、上記の図6(f)の結晶成長基板1を約400℃まで降温し、その上にMOVPE法に従って、膜厚約 $0.3 \mu\text{m}$ のAlNから成るバッファ層21(低温AlN層)を成膜する。この時の原料ガス供給量は、 H_2 が20リットル/分、 NH_3 が10リットル/分、TMAが1.8モル/分である。符号2aは、半導体結晶(バッファ層21)の結晶成長面を示している。

【0076】

(b) GaN層積層工程(図7(b)～)

次に、成長温度1075℃まで昇温し、MOVPE法に従って H_2 、 NH_3 及びT

MGを供給して、このバッファ層 21の上に、半導体結晶 2の一部を構成する GaN層 22を結晶成長させる。この時のTMGガス供給速度は、概ね $250\mu\text{mol}/\text{分}$ 程度で良い。この様な設定により、上記の凹部の下方より順次、ムラなく半導体結晶を結晶成長させることができる。或いは、この様な設定により、上記の凹凸の凸部の上面や側面から半導体結晶の結晶成長を開始され難くすることができる。

また、図中の符号 2aは、半導体結晶 2 (GaN層 22)の結晶成長面を示しており、本図 7 (b)に図示する様に、GaN層 22は斜めファセット状に結晶成長する。

【0077】

更に、同一条件でGaN層 22の結晶成長を継続すると、図 8 (c)に図示する様に斜めファセットの谷間部分が埋まり、最終的には、図 8 (d)に図示する様に一連の略平坦な結晶成長面 2aが形成される。

符号 4は、ELOマスク 3の上方において左右双方から横方向に成長してきたGaN層 22が互いに接合される接合面から成る転位をしめしている。

【0078】

以上の製造方法により、図 8 (d)に図示する様なバッファ層 21とGaN層 22から成るボイドのない半導体結晶 2を得ることができる。また、上記の製造方法は、特に、ELOマスク 3の平面形状をストライプ形状に限定するものではなく、所望或いは任意の形状のELOマスクの形成に対しても、有効なものである。

【0079】

尚、上記の実施例では、バッファ層として低温成長のAlN層を積層したが、バッファ層の組成は必ずしも窒化アルミニウム (AlN)とする必要はない。結晶成長基板には、公知の有効或いは有用なバッファ層を任意に形成することができ、例えばAl-GaN層等のその他の適当な半導体結晶層を積層しても、本発明を具体的かつ有効に実施することができる。

【0080】

また、ELOマスク 3のマスク材料やバッファ層の半導体材料や、或いはその

半導体材料の単位時間あたりの原料ガスの供給量等の諸条件によっては、E L O マスク 3 の表面上にバッファ層が薄く成膜されることがある。このような場合には、その E L O マスク 3 の表面上に成膜されたバッファ層だけを選択的なエッチングにて除去したり、その E L O マスク 3 の表面上に成膜されたバッファ層の上だけに再び別の E L O マスクを改めて成膜したりしても良い。このような操作により、目的とする所望の半導体結晶を、例えば斜めファセット成長させる等の所望の形態に結晶成長させることができる場合も多い。

【0081】

3. その他の応用例

上記の実施例においては、B H F 溶液を用いたハーフウェットエッチングを実施しているが、この工程は必ずしも必要なものではない。E L O マスク 3 に付いて同様の所望の断面形状が得られる様に、フォトリソグラフィの実施条件やドライエッチングの実施条件を最適化すれば、B H F 溶液を用いたハーフウェットエッチングの工程を省略することも可能である。

【0082】

また、上記の露光工程では、図 5 (c) に例示するフォトレジスト層 6 の断面形状を形成するために、E L O マスクの側壁の傾斜面に相当する位置について、露光量がウィンドウ部分に近づくに連れて徐々に連続的に多くなる様に設定しているが、フォトレジスト層 6 の側壁が略垂直に立っている場合でも、フォトレジスト層 6 に適度に熱を与えることにより、フォトレジスト層 6 を適度に軟化（或いは液化）させて、フォトレジスト層 6 を自らの表面張力で略半球状に形成することができる。

【0083】

この形状は、フォトレジストの材料や軟化（或いは液化）させる際の温度等を適宜に選択することにより、調整することができる。例えばこのような方法によっても、ドライエッチングの実施条件等を最適化すれば、前述の B H F 溶液を用いたハーフウェットエッチング工程を省略することができる。

このような方法は、E L O マスク 3 の断面形状を所望の凸レンズ形状に形成する際等に非常に有効であり、その様なレンズを有する基板や半導体結晶は、例えば

フリップチップ型のLEDを製造する場合に非常に有用となる。

【0084】

(より望ましい実施形態)

図9は、本発明のより望ましい実施形態を例示的に説明するELOマスク3の模式的な断面図である。

前記と同様に、符号 $1a$ 、 h 、 w 、 d はそれぞれ、結晶成長基板の結晶成長面、ELOマスク3の高さ(膜厚)、ELOマスク3の幅(又は直径)、ELOマスク3の平頂部の幅(又は直径)を示している。

【0085】

これらの長さに付いては、ボイドを極力無くするために、以下の関係を満たしていることが望ましい。

【数3】

$$d < w / 5 \quad \dots (3)$$

【数4】

$$d < 5 h \quad \dots (4)$$

【数5】

$$w < 5 \mu m \quad \dots (5)$$

【数6】

$$h < 1.5 \mu m \quad \dots (6)$$

これらの設定により、ボイドの発生を効果的に抑制したり、転位数を効果的に抑制したりすることができる。

【0086】

尚、ワイヤーボンディング型のLEDを製造する場合には、ELOマスクの材料として、反射作用に優れたタングステン(W)や、屈折率の小さなSiO₂ ($n = 1.46$)等が比較的有用となり得、これにより、LEDの外部量子効率を高くできる場合がある。この様な構成では、ELOマスクで反射されて上方(半導体結晶側)へ出力される反射光は、比較的広い範囲に乱反射されるので、室内照明用のLED等に適することがある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の作用・効果を例示的に説明する ELO マスク 3 及びその周辺の模式的な断面図。

【図 2】

本発明の作用・効果を例示的に説明する ELO マスク 3 及びその周辺の模式的な断面図。

【図 3】

本発明の実施形態を例示する ELO マスク 3 の模式的な断面図。

【図 4】

本発明の実施例に係わる ELO マスク 3 の製造工程 (a), (b) を例示する結晶成長面 1 a 周辺の模式的な断面図。

【図 5】

本発明の実施例に係わる ELO マスク 3 の製造工程 (c), (d) を例示する結晶成長面 1 a 周辺の模式的な断面図。

【図 6】

本発明の実施例に係わる ELO マスク 3 の製造工程 (e), (f) を例示する結晶成長面 1 a 周辺の模式的な断面図。

【図 7】

本発明の実施例に係わる半導体結晶 2 の製造工程 (a), (b) を例示する ELO マスク 3 周辺の模式的な断面図。

【図 8】

本発明の実施例に係わる半導体結晶 2 の製造工程 (c), (d) を例示する ELO マスク 3 周辺の模式的な断面図。

【図 9】

本発明のより望ましい実施形態を例示的に説明する ELO マスク 3 の模式的な断面図。

【図 10】

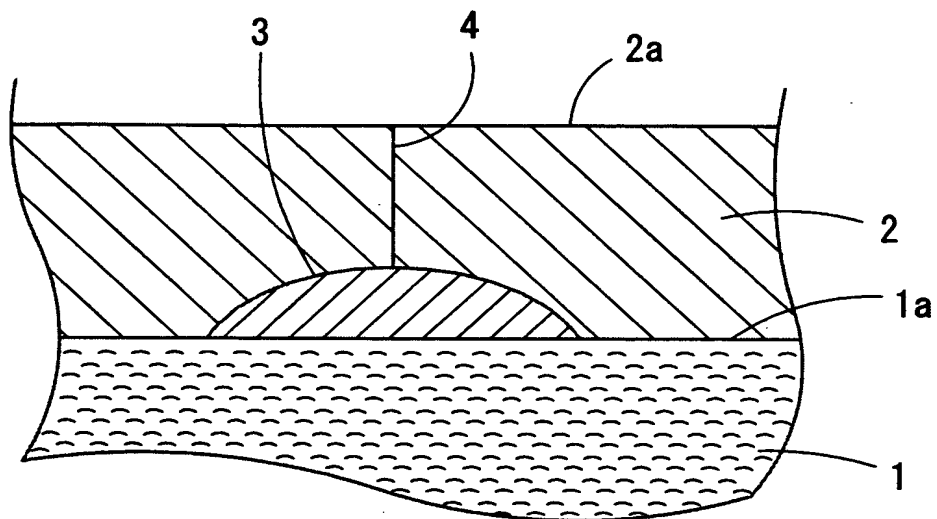
従来技術によるボイドの生成形態を例示する従来の ELO マスク 3 及びその周辺の模式的な断面図。

【符号の説明】

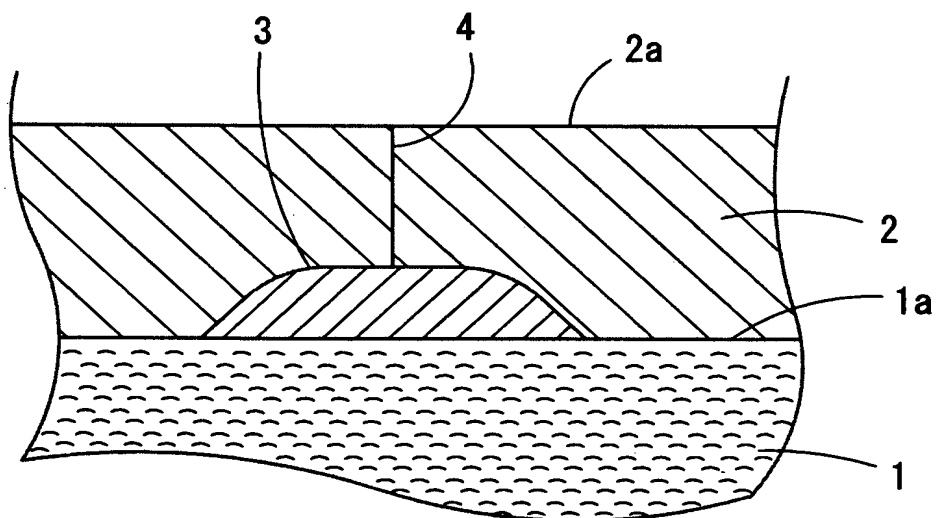
- 1 … 結晶成長基板
- 1 a … 結晶成長基板の結晶成長面
- 2 … 半導体結晶
- 2 a … 半導体結晶の結晶成長面
- 2 1 … 半導体結晶 2 の一部を構成するバッファ層
- 2 2 … 半導体結晶 2 の一部を構成する G a N 層
- 3 … E L O マスク
- 3 a … E L O マスクの傾斜面
- 3' , 3'' … E L O マスク原型層
- 4 … 転位
- 5 … ボイド
- 6 … フォトレジスト層
- L … 結晶成長面 (1 a / 2 a) と傾斜面 3 a との境界線
- h … E L O マスク 3 の高さ (膜厚)
- w … E L O マスク 3 の幅又は直径
- d … E L O マスク 3 の平頂部の幅又は直径

【書類名】 図面

【図 1】

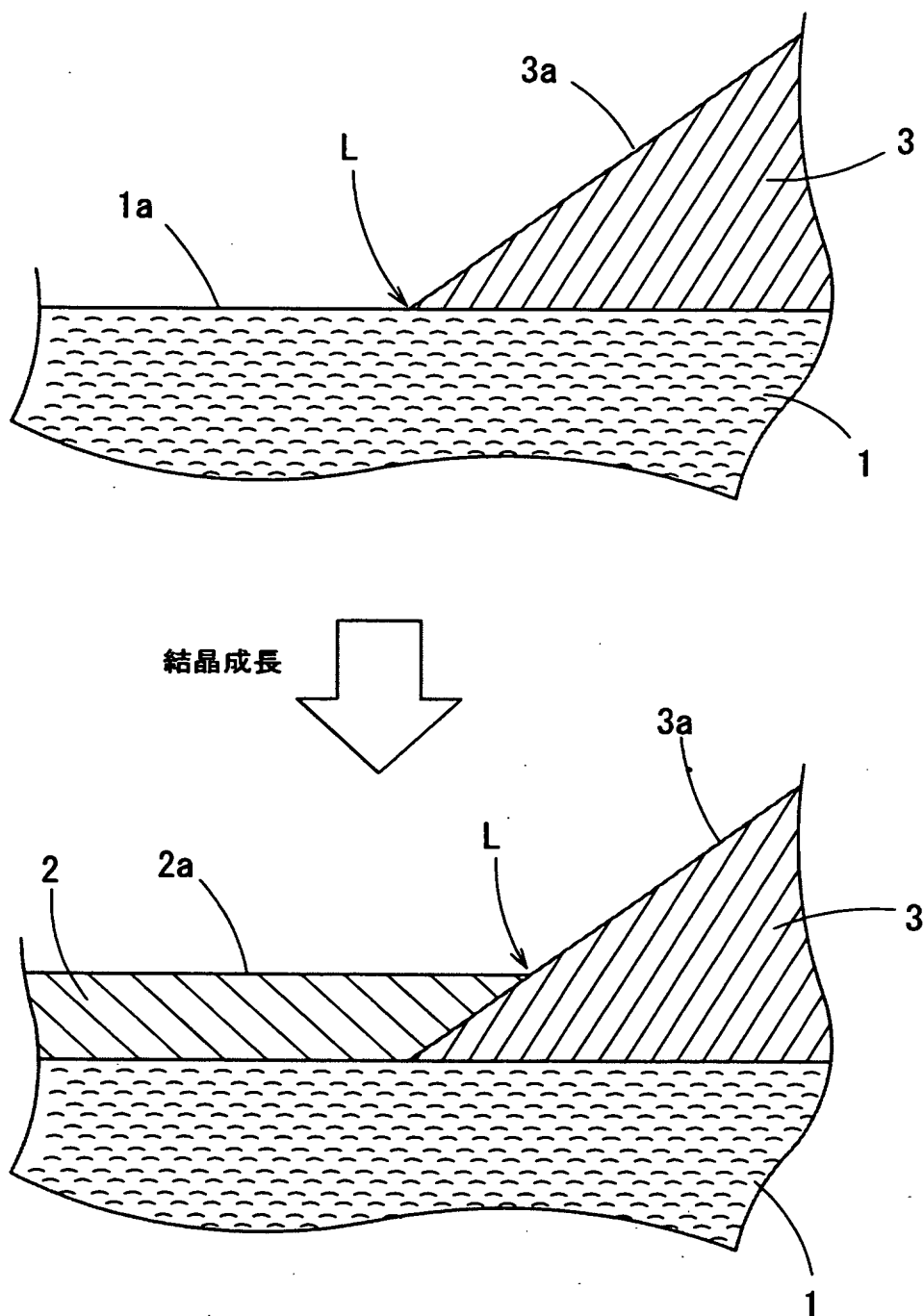


(a)

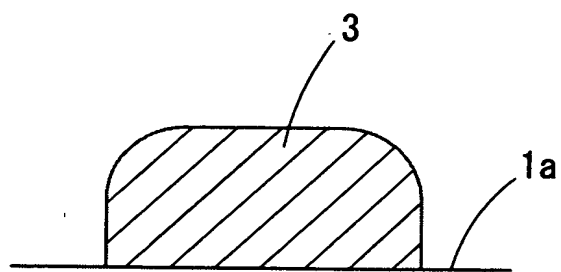


(b)

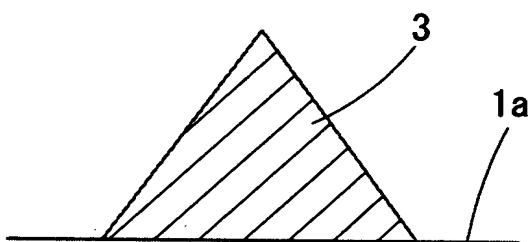
【図 2】



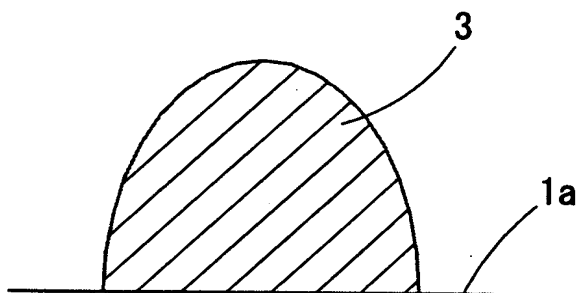
【図 3】



(a)

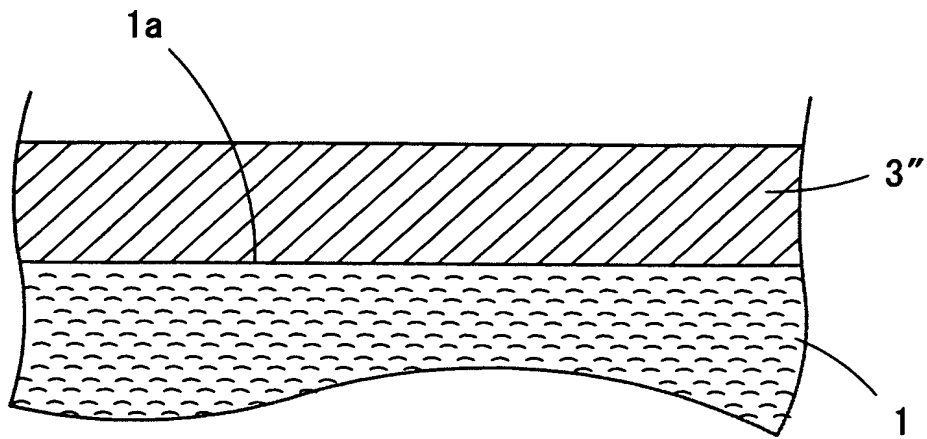


(b)

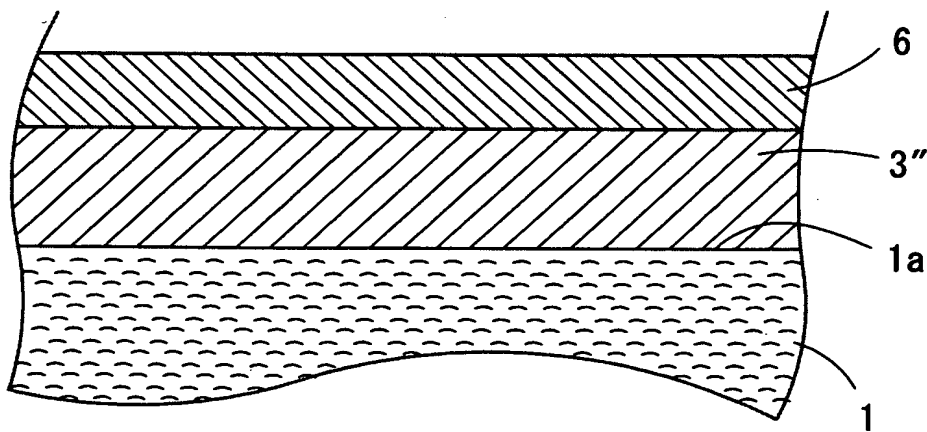


(c)

【図 4】

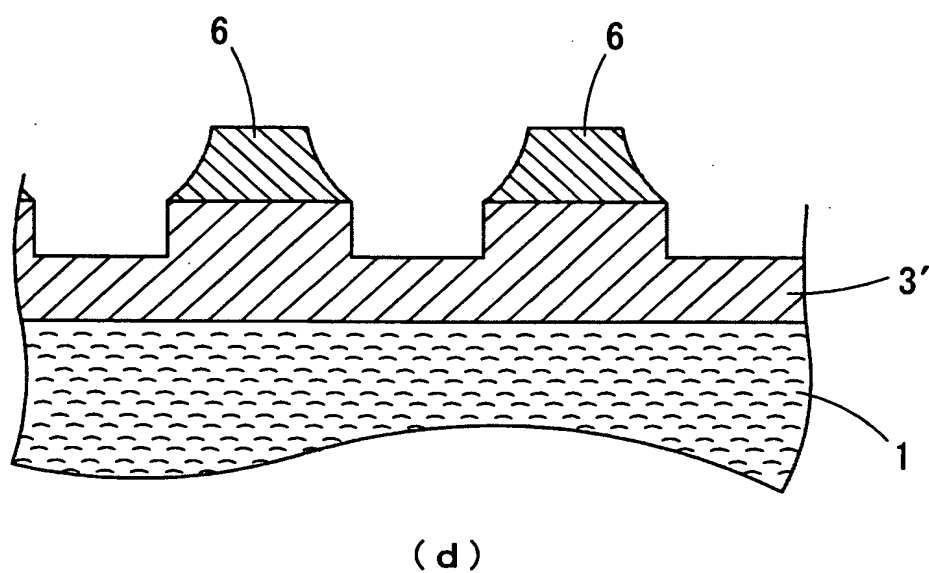
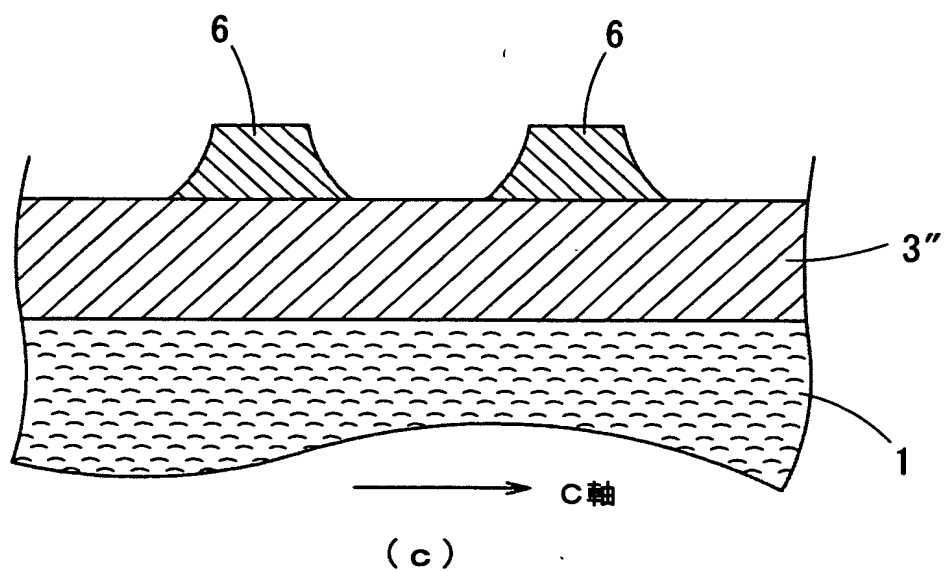


(a)

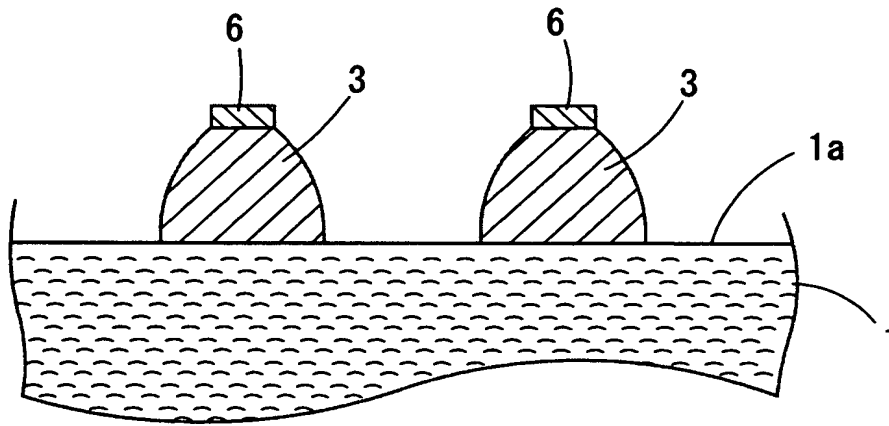


(b)

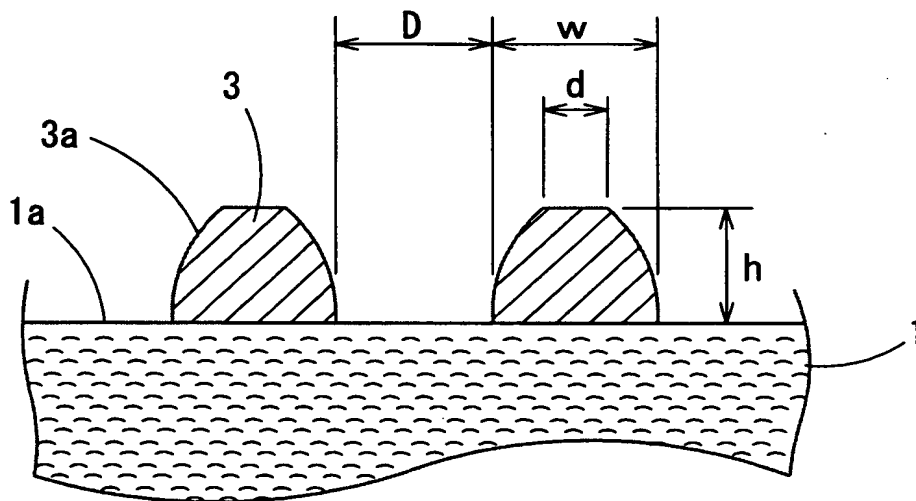
【図 5】



【図 6】

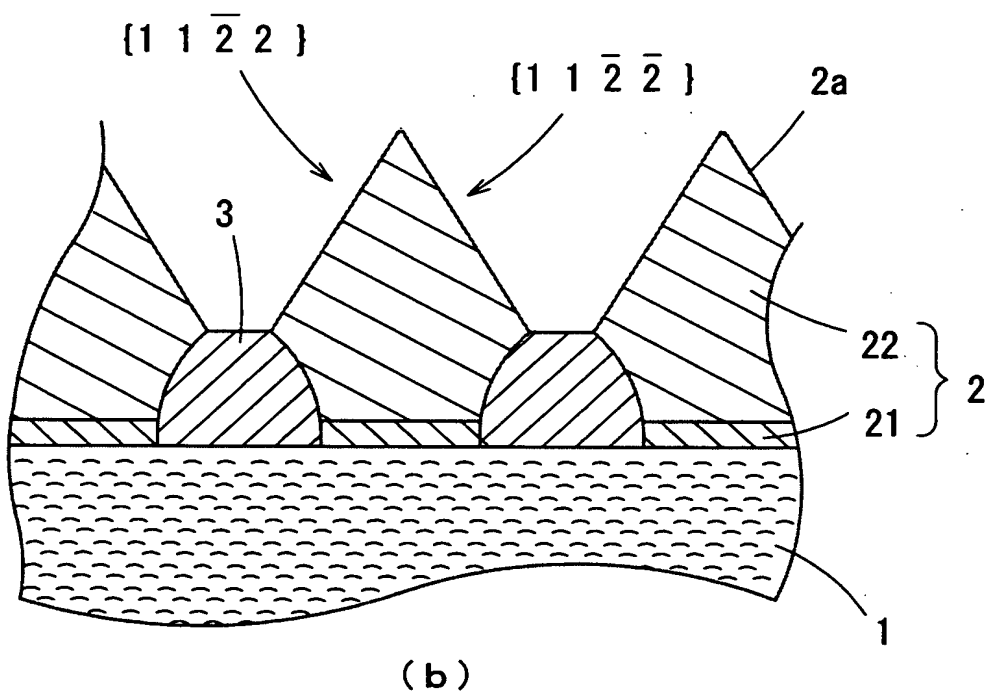
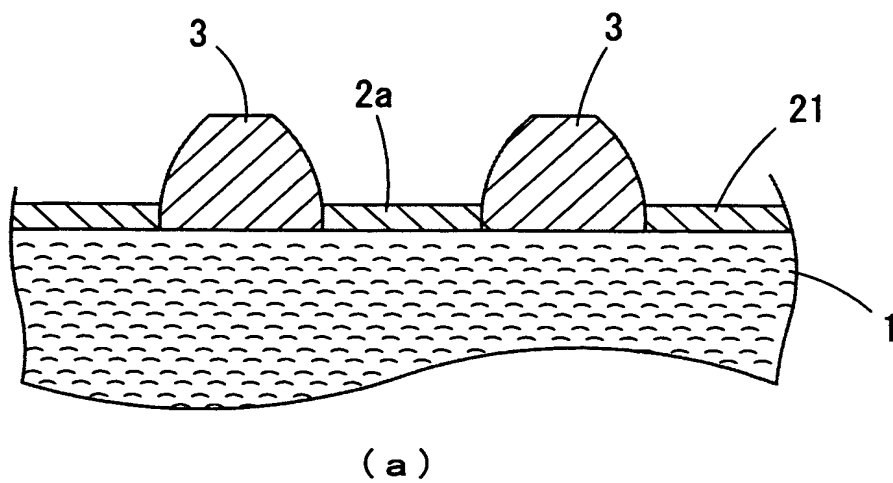


(e)

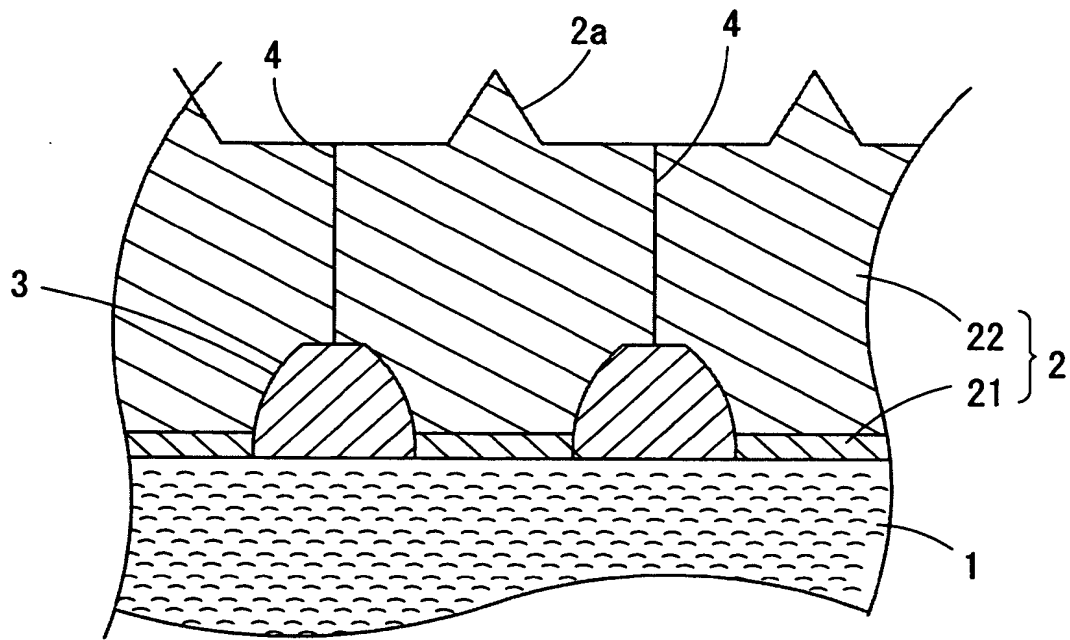


(f)

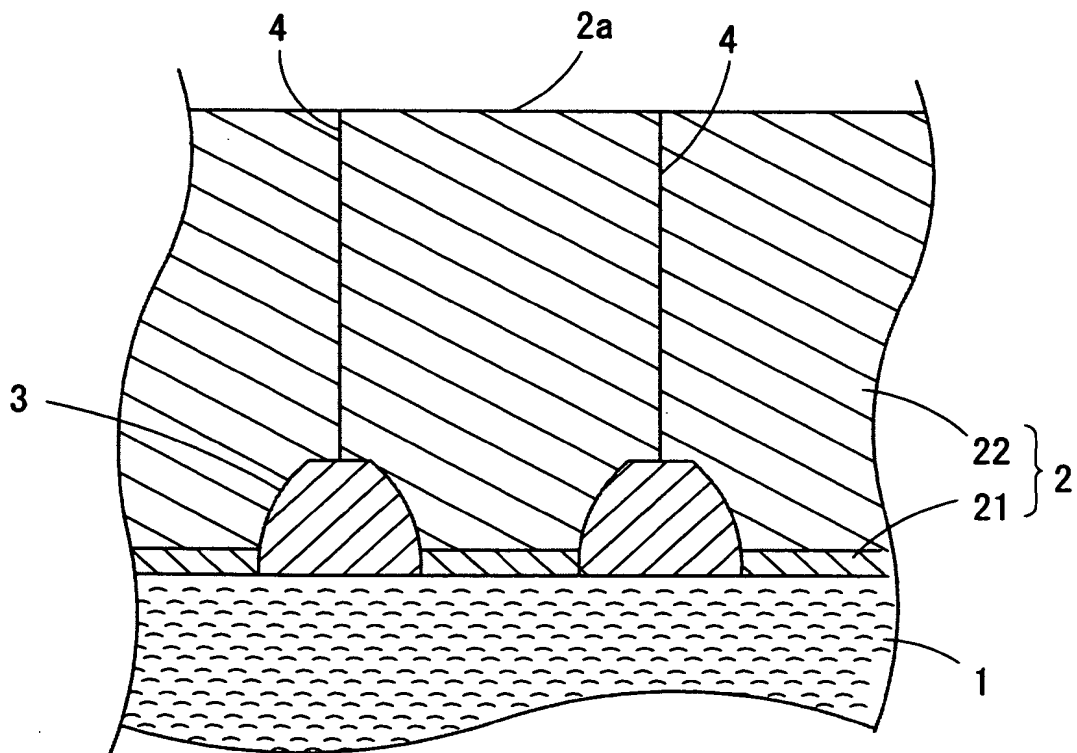
【図 7】



【図 8】

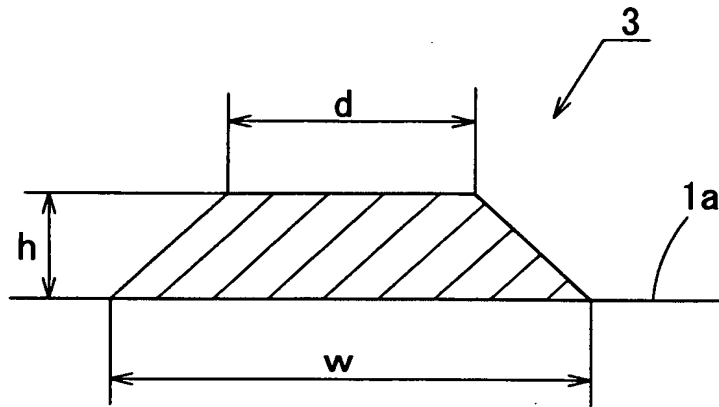


(c)

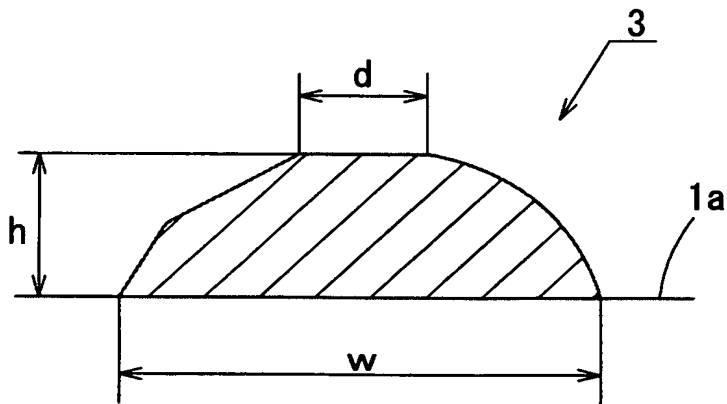


(d)

【図 9】

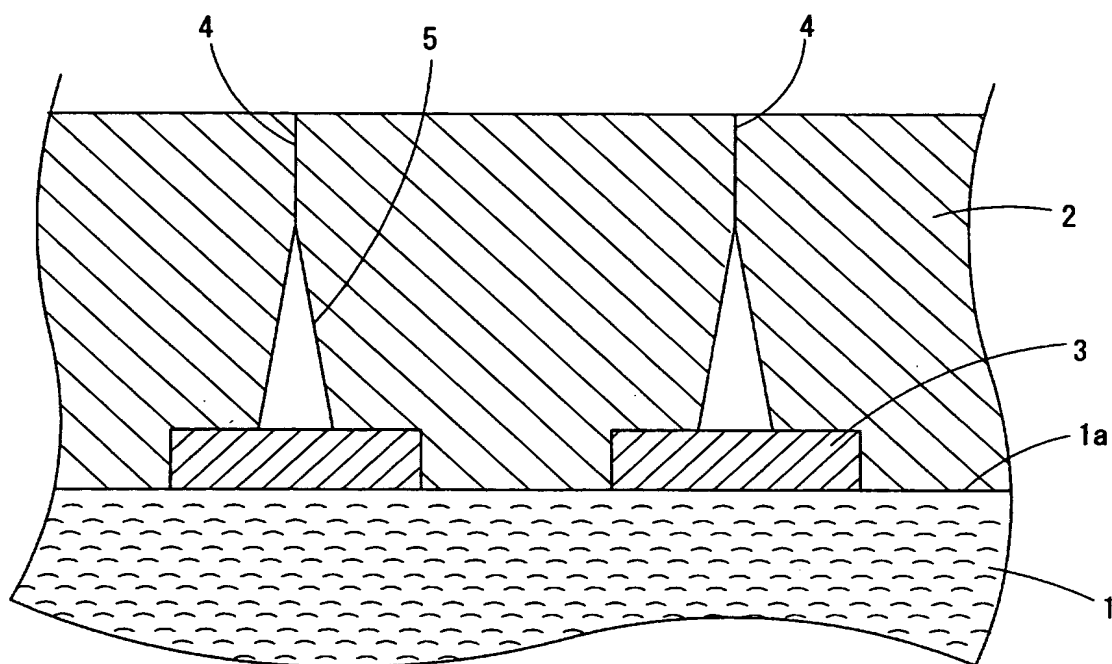


(a)



(b)

【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ボイドのない良質な半導体結晶を製造する際の半導体の結晶成長工程を従来よりも簡素化させたり、短期化させたりすること。

【解決手段】 半導体結晶 2 は所謂ドーム型の断面形状を有する ELO マスク 3 がマスクングされた結晶成長基板 1 の結晶成長面 1 a 上に成長したものであり、転位 4 は ELO マスク 3 の上面略中央から半導体結晶 2 の結晶成長面 2 a まで伸びている。例えばこの様にして、ELO マスク 3 の側壁に傾斜面を設けることにより、ボイドが ELO マスク 3 の上方に形成され難くなり、転位 4 が伸び始める最初の出発点付近におけるボイドの生成を完全に抑止することも可能である。これは、半導体結晶 2 の成長に伴って半導体結晶 2 の結晶成長面 2 a が結晶成長基板 1 の結晶成長面 1 a 付近から上方に移動する間にも、半導体結晶 2 は ELO マスク 3 の傾斜面付近でこの傾斜面に沿って横方向にも成長できるためである。

【選択図】 図 1

特願 2003-090884

出願人履歴情報

識別番号

[000241463]

1. 変更年月日

1990年 8月 9日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地

氏 名

豊田合成株式会社